



(19)

(11) Publication number: 61270885 A

Generated Document.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 60112589

(51) Intl. Cl.: H01S 3/18 H01L 33/00

(22) Application date: 24.05.85

(30) Priority:

(43) Date of application publication: 01.12.86

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: MORI YOSHIHIRO  
SHIBATA ATSUSHI

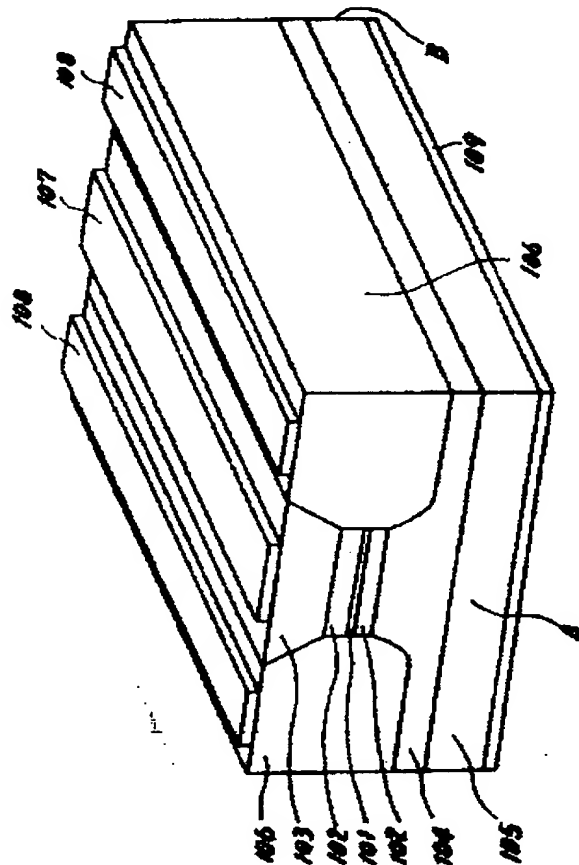
(74) Representative:

### (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To obtain high speed operation, by changing continuously the band gap and the refraction index of the base layer and forming its central part with the semiconductor thin film layer as the quantum well layer.

**CONSTITUTION:** The P-type InGaAs quantum well layer 101 is sandwiched between the P-type GaAsP distributed refraction index layers 102, and the base layer is constituted by the layers 101 and 102. The N-type InP emitter layer 103 and the N-type collector layer 104 are formed in contact with the layer 102. From the P-type InP graft base layer 106, the current is supplied to the layer 102. The band gap energy of the layer 101 is small as compared with that of its both side layers 102, so that it captures the carrier easily. As regards the distribution of the refraction index, the layer 101 has a protruded configuration as composed with other layers and the effective confinement of light is made in this layer. Accordingly, the sufficient carrier can exist in the base without making the laser transistor Tr or the light emitting transistor in the saturation state, and the high speed operation is made possible.



COPYRIGHT: (C)1986,JPO&Japio

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭61-270885

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

H 01 S 3/18  
H 01 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

7377-5F  
6819-5F

⑭ 公開 昭和61年(1986)12月1日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 半導体発光素子

⑯ 特 願 昭60-112589

⑰ 出 願 昭60(1985)5月24日

⑱ 発 明 者 森 義 弘 門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
⑲ 発 明 者 柴 田 淳 門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
⑳ 出 願 人 松下電器産業株式会社 門真市大字門真1006番地  
㉑ 代 理 人 弁理士 森本 義弘

明 細 書

1. 発明の名称

半導体発光素子

2. 特許請求の範囲

1. 第1の導電型の半導体薄膜層と、上記半導体薄膜層をはさみ屈折率とバンドギャップエネルギーが上記半導体薄膜層との界面近傍でそれぞれ最大値、前記半導体薄膜層のバンドギャップエネルギーより少なくとも大きい最小値をとり前記界面からの距離が増加するにつれ前記屈折率と前記バンドギャップエネルギーが連続的にそれぞれ減少、増加する分布定数半導体領域を少なくとも一部分に持つ第1の導電型の第1と第2の半導体層と、上記第1の半導体層の主面に接する第2の導電型の第3の半導体層と、上記第2の半導体層の主面に接する第2の導電型の第4の半導体層とを設けた半導体発光素子。

2. 第1と第2の半導体層のバンドギャップエネルギーが半導体薄膜層のバンドギャップエ

ネルギーより大きいことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体発光素子。

3. 第1と第2の半導体層中の分布定数半導体領域の屈折率の2乗が半導体薄膜層からの距離  $x$  に対し、 $1 - kx^p$  ( $0 < k, p$ ) に比例して減少することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体発光素子。

4. 第1と第2の半導体層の屈折率が半導体薄膜層の屈折率より小さいことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体発光素子。

5. 第3と第4の半導体層の屈折率が、第1と第2の半導体層より小さいことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体発光素子。

6. 半導体薄膜層と第1と第2の半導体層がベース層、第3の半導体層がエミッタ層、第4の半導体層がコレクタ層であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体発光素子。

7. エミッタ層のバンドギャップエネルギーが、ベース層のバンドギャップエネルギーより大

きいことを特徴とする特許請求の範囲第6項記載の半導体発光素子。

8. コレクタ層のバンドギャップエネルギーが、ベース層のバンドギャップエネルギーより大きいことを特徴とする特許請求の範囲第7項記載の半導体発光素子。

9. 半導体薄膜領域で生じた光のための光学的共振器を具備することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体発光素子。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 産業上の利用分野

本発明は半導体レーザ、発光トランジスタ、レーザトランジスタなどの半導体発光素子に関する。従来の技術

従来のレーザトランジスタあるいは発光トランジスタは1つ以上のヘテロ接合を持つトランジスタ構造を持っている(例えば、特願昭59-73380号)。例えば第5図に示す素子はレーザトランジスタで、ベース層501にP型InGaAsP、エミッタ層502とコレクタ層503にn型InP層を用いた縦型のnp

a型トランジスタ構造を持っている。ベース層501にInPと比べて小バンドギャップエネルギー、高屈折率を持つInGaAsPを用いたことで、縦方向の光とキャリアが双方のとじこめを行なっている。また、グラフトベース層505はベース層501への良好な電流供給と横方向の光のとじこめを行なっている。504はn型InP基板、506はエミッタ電極、507はベース電極、508…コレクタ電極、AとBはミラー面を示す。

この素子は、例えば第6図のエミッタ接地の回路構成を用いて駆動する。602は抵抗器、603はレーザビームを表わす。発光させるときは第7図(イ)のようにトランジスタ動作における飽和状態にしてエミッタとコレクタの両方よりベースにキャリアを注入し、再結合を生じさせる。再結合により生じた光は、ベース層の長辺方向に共振し、レーザ光として外部にとり出される。一方、発光を停止させるには、第7図(ロ)のようにトランジスタ動作における活性状態またはロットオフ状態にして、ベースからコレクタへ電子を高速で吸い

出してベース層内でのキャリアの再結合を中止させる方法がとられている。

#### 発明が解決しようとする問題点

このような状態の切りかえは、電気的には通常のスイッチングトランジスタのオンとオフに相当する。しかし、スイッチングトランジスタには、オンからオフへの切りかえのときに蓄積時間と呼ばれる動作遅れ時間が存在し、レーザトランジスタや発光トランジスタでも同様の現象が生じこれが高速度動作化を妨げていた。

本発明は蓄積時間が無く高速度動作を期待できる半導体発光素子を提供することを目的とする。

#### 問題点を解決するための手段

本発明の半導体発光素子は、第1の導電型の半導体薄膜層と、上記半導体薄膜層をはさみ屈折率とバンドギャップエネルギーが上記半導体薄膜層との界面近傍でそれぞれ最大値、前記半導体薄膜層のバンドギャップエネルギーより少なくとも大きい最小値をとり前記界面からの距離が増加するにつれ前記屈折率と前記バンドギャップエネルギー

一が連続的にそれぞれ減少増加する分布定数半導体領域を少なくとも一部分に持つ第1の導電型の第1と第2の半導体層と、上記第1の半導体層の主面に接する第2の導電型の第3の半導体層と、上記第2の半導体層の主面に接する第2の導電型の第4の半導体層とを設けたことを特徴とする。作用

この構成により、ベース層のバンドギャップと屈折率を連続的に変化させ、その中央部を量子井戸層と呼ばれる半導体薄膜層で形成したため、キャリアと光のとじこめ効果を増大させ、レーザトランジスタあるいは発光トランジスタを飽和状態にせずとも、ベース内にレーザ発振あるいは発光に十分な利得を提供できる量のキャリアを存在させることを可能にするものである。また、飽和させずに発振あるいは発光できるため、変調時に蓄積時間がなくなり、動作の高速度化がはかれる。

#### 実施例

以下、本発明の一実施例を第1図～第4図に基づいて説明する。

第1図は本発明の半導体発光素子を示す。101はP型InGaAsP量子井戸層で、厚さ100Å、組成波長1.3ミクロンである。102はP型InGaAsP分布屈折率層。103はn型InPエミッタ層。104はn型InPコレクタ層である。量子井戸層101と分布屈折率層102とでベース層が構成される。105はn型InP基板。106はベース層に電流を供給するP型InPグラフトベース層。107、108、109はそれぞれエミッタ、ベース、コレクタ電極。A、Bはミラー面である。

第2図はエミッタ層103、ベース層106、コレクタ層104のバンド状態を示すバンド図である。量子井戸層101はその両側の分布屈折率層102と比べ、バンドギャップエネルギーが小さく、キャリアを捕獲しやすくなっている。分布屈折率層102の厚みはトランジスタとしての機能、特に少数キャリアのベース走行時間を従来と同程度に保つため、約0.5ミクロンとしてある。205はフェルミ単位を示す。このときの屈折率分布を第3図に示す。量子井戸層101の屈折率 $n_1$ が他の層と比べて突出し

た形になっており、この中に効率のよい光のと同じめが成される。 $n_1$ は分布屈折率層の最大屈折率、 $n_2$ は分布屈折率層の最小屈折率、 $n_3$ はエミッタ層、コレクタ層の屈折率である。分布屈折率層102の屈折率 $n(x)$ は、量子井戸層101の中央部を $x=0$ としたとき、

$$n(x) = n_1 \left( 1 - \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2} \left( \frac{x}{b} \right)^2 \right)$$

となるような分布をしている。ここで $b$ はベース層幅の半分の長さである。エミッタ層103、コレクタ層104はInPより成るため、その屈折率 $n_3$ は $n_1$ よりさらに小さい。

第4図はこの素子を駆動したときのバンド図を示す。駆動される状態は従来例と同様にトランジスタ動作における飽和領域および第4図(イ)、(ロ)に示すように活性領域である。よって、ベース層中の少数キャリア(電子)分布は、エミッタ・コレクタ間の印加電圧 $V_{ce}$ によって可変である。また、ベース・コレクタ間に負荷される電圧を大きくすることにより、2者の界面に空乏層が広がり、分

布屈折率層102のバンド端がコレクタ層の近傍で下がり、ベース層内の電子を吸い出すことができる。以上2つの点より、量子井戸層101に捕獲される電子の量は $V_{ce}$ により制御できる。 $V_{ce}$ が小さいときを図(イ)に、大きいときを図(ロ)に示す。

量子井戸層に捕獲された電子は、多数キャリアである正孔と再結合をし、光 $h\nu$ を発する。ここで第4図(イ)~(ロ)に示したように $V_{ce}$ が小さいときの方が大きいときよりも多くの光 $h\nu$ を発する。この光は、分布屈折率層、エミッタ層、コレクタ層により同じめられ、第1図中のミラー面A-Bの間を往復し、十分な利得を持てばレーザ発振を起こす。前述のように量子井戸層中の電子の量は、 $V_{ce}$ により可変であるから、発光量もまた $V_{ce}$ により制御できる。

以上のようにベース電流の調節によって発光強度が変化するが、これと同時に、活性状態での電流増幅率 $h_{FE}$ に対応した電流増幅も行なえる。また、飽和しないので、速いスイッチング動作が可

能になる。

発明の効果

本発明の半導体発光素子は、第1の導電型の半導体障壁層と、上記半導体障壁層をはさみ、屈折率とバンドギャップエネルギーが上記半導体障壁層との界面近傍でそれぞれ最大値または最小値をとり、前記界面からの距離が増加するにつれ、前記屈折率と前記バンドギャップエネルギーが連続的にそれぞれ減少又は増加する分布定数半導体領域を少なくとも一部分に持つ第1の導電型の第1と第2の半導体層と、上記第1の半導体層の主面に接する第2の導電型の第3の半導体層と、上記第2の半導体層の主面に接する第2の導電型の第4の半導体層とを設けたため、飽和状態にせずともレーザ発振するレーザトランジスタ、あるいは発光する発光トランジスタが構成でき、高速動作に極めて有用である。また量子井戸層と分布屈折率層とを持つ構造にしたことにより、レーザ発振のしきい値電流の低減がはかれ、低消費電力化が図れるものである。

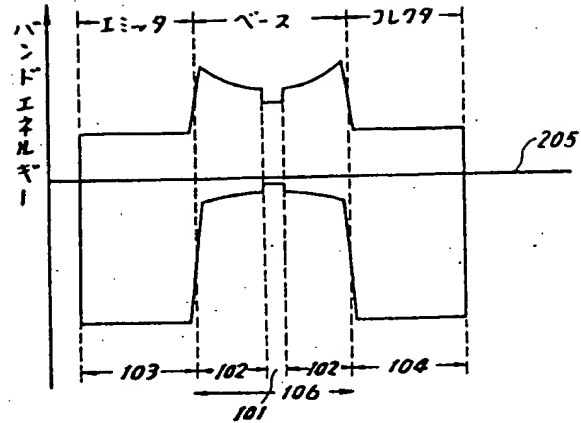
## 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の半導体発光素子の一実施例の構造図、第2図は第1図に示した実施例のバンド図、第3図は第1図に示した実施例の屈折率分布図、第4図は第1図に示した実施例の動作状態を示すバンド図とキャリアの流れ図、第5図は従来のレーザトランジスタの構造図、第6図はレーザトランジスタの駆動回路図、第7図は従来のレーザトランジスタの動作時のバンド図とキャリアの流れ図である。

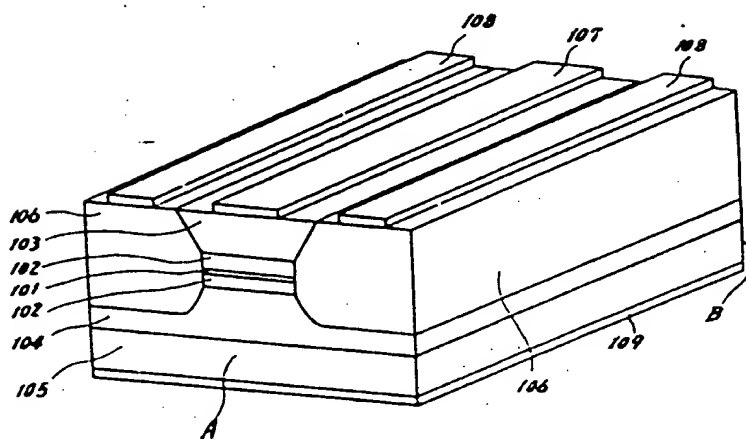
101…P型InGaAsP量子井戸層、102…P型InGaAsP分布屈折率層、103…n型InPエミッタ層、104…n型InPコレクタ層

代理人 森 本 義 弘

第2図

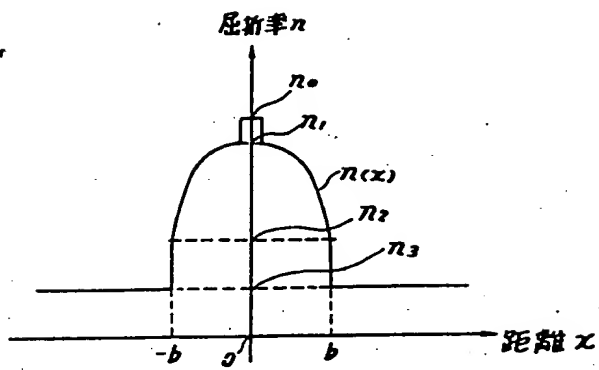


第7図

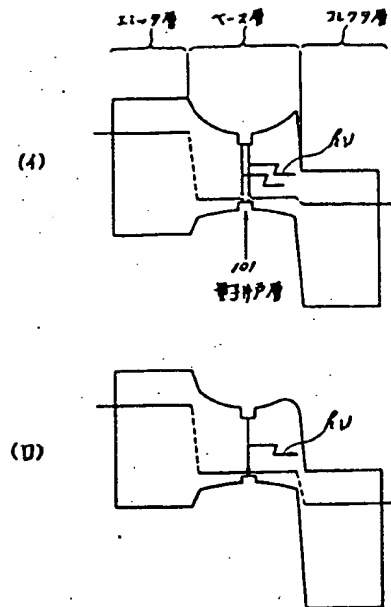


101…P型InGaAsP量子井戸層  
102…P型InGaAsP分布屈折率層  
103…n型InPエミッタ層  
104…n型InPコレクタ層  
105…n型InP基板  
106…P型InPグレートベース層  
107…エミッタ電極  
108…ベース電極  
109…コレクタ電極  
A,B…ミラー面

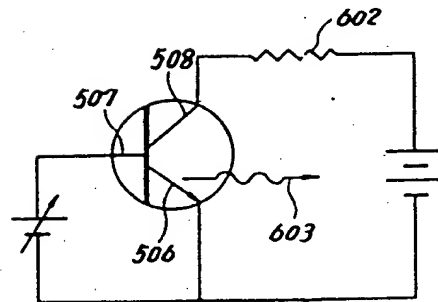
第 3 図



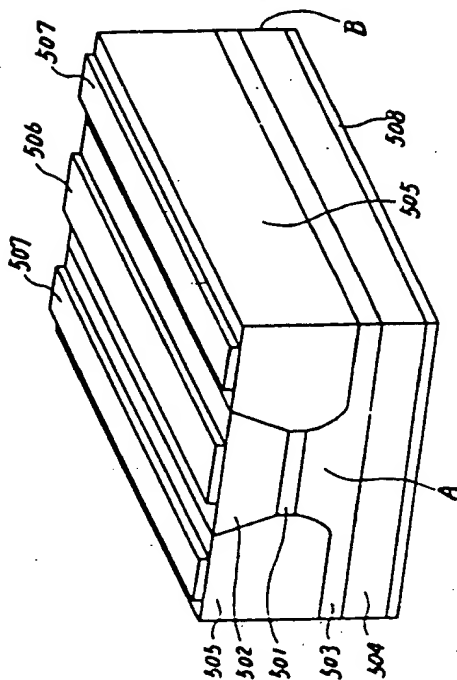
第 4 図



第 6 図

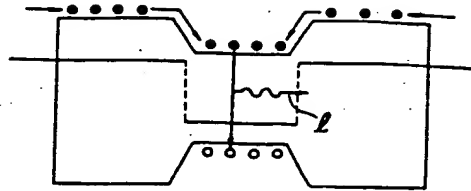


第 5 図



第7図

(A)



(B)

